

真(全)三维构造解释技术初探

王咸彬 曹 辉 郭全仕 顾石庆

(中国新星石油公司石油物探研究所, 南京 210014)

王咸彬, 曹辉, 郭全仕. 真(全)三维构造解释技术初探. 石油物探, 2000, 39(2): 89~94

摘要 真(全)三维构造解释技术是近几年发展起来的一种全新的三维构造解释技术, 但到目前为止, 尚未对此有确切定义。本文以 TB 某三维工区为例, 详细介绍了真(全)三维构造解释使用的技术手段、工作流程及具体的实现步骤。解释结果表明, 真(全)三维构造解释方法不仅解释精度高, 速度快, 构造细节清楚, 而且解释过程和解释结果都能以三维空间可视化方式显示。可以预见, 随着各项技术的不断完善和发展, 三维地震解释必将产生质的飞跃。

关键词 真(全)三维 三维可视化 面块切片 相干体 透明度

Wang Xianbin * et al. Elementary discussion on true 3D structural interpretation technique. GPP, 2000, 39(2): 89~94

ABSTRACT True (full) 3D structural interpretation technique is a completely new interpretation technique developed in recent years. But to date no clear definition has been appeared for it. This paper introduces in detail the technical means, work flow, and concrete realization steps deployed in true 3D structural interpretation. The interpretation results show that the technique is of high precision and fast speed, and can show subtle structural circumstances clearly. Moreover, both the interpretation processes and results can be visually displayed in 3D space. It can be predicted that 3D seismic interpretation will have a leap with the development and perfecting of each interpretation technique.

Key words :true (full) 3D, 3D visualization, surface slice, coherence cube, transparency

引言

近年来,随着三维地震勘探、真三维处理以及三维可视化技术的不断发展,一种全新的三维解释技术应运而生,这就是真三维地震解释。但到目前为止,尚未对此有确切定义。就笔者的理解,一般来说,它是以三维可视化立体显示技术为基础,以地质研究对象为目标,从点、线、面、体等多渠道以及数据体的多侧面,全方位解剖三维地震数据体,最终获得三维可视化地质模型,如三维构造模型、三维储层模型等。

真(全)三维地震解释技术的出现,可以说是地震资料解释技术的又一次革命。以往的三维地震资料是通过解释一张张二维剖面来完成的,这种解释方法并未真正利用三维数据体,而且精度与效率都较低,其主要弊端表现为:

* Wang Xianbin, Institute of Petroleum Geophysical Prospecting, CNSPC, Nanjing 210014

本文于 1999 年 7 月 9 日收到,修改稿于 8 月 6 日收到。

- (1) 以层位界面为对象,应用二维平面解释方法解释三维资料,认识三维空间,难于窥其全貌,不能从三维角度去观察、认识、分析构造和地层,容易漏失小的构造细节和地层特征;
- (2) 用抽稀测线与抽稀切片作解释,资料的利用率很低;
- (3) 三维地震数据体中尚有大量信息未得到应用。

1 真(全)三维构造解释的技术手段

1.1 三维可视化技术

三维可视化技术是贯穿于整个真(全)三维地震解释之中的核心技术,它可使解释者从任意角度观察、分析并解释三维数据体。此外,通过设置光照方向、角度及调整透明度,还可以改善视觉效果,突出目标异常。

三维可视化技术不仅能观察数据体的表面特征,而且能透视数据体的内部结构,在构造解释中,应用它可以实时地检查解释错误,以便及时修改,并能显示三维立体构造模型和带透明度的立体构造模型。

1.2 空间域自动追踪技术

层位拾取是构造解释基础,过去,人们通常采用抽稀测线的方式,用人工拾取层位,然后将解释结果进行平面线性内插,用这种方式获得的层位数据难免有较大误差。

空间域自动追踪技术是用地震属性(如相关性、连续性、振幅值大小等)作控制的一种自动追踪技术,通过输入种子点、线或网格,利用这一技术能在很短的时间内追踪地震反射面、断层及各种目标异常带(体),如河道砂、岩性突变带等。

在构造解释中,应用该技术主要是对人工拾取的层位进行加密,实现全层位追踪。目前,它已成为真三维解释必不可少的工具之一。

1.3 相干体技术

三维相干技术是一项正在发展并迅速产生巨大影响的自动化三维地震解释技术,它利用三维地震数据体中相邻道之间地震信号的相似/相干性,描述地(岩)层和岩性的横向非均匀/均质性。

在构造研究中,应用三维相干技术不仅可以快速地识别出由常规构造解释技术解释出的断层,而且能识别出由常规构造解释难以发现的断层,如雁行式断层、径向断层等。相干技术还能在一定程度上反映常规构造解释技术难以反映的断层的细节特征,如断层的扭曲程度、断层附近岩层破裂程度等。三维相干技术具有计算速度快、不受人为因素影响及显示直观等特点,对判别断层和地层边界尤为有利,也是真(全)三维解释不可缺少的技术手段之一。

1.4 面块切片技术

面块切片不同于普通的水平切片,它由若干个水平切片叠合而成,相当于一个薄的地震数据体。对一个面块切片进行解释,实际上是对一块薄数据体进行解释,是一种局部立体解释技术。各种解释技术都可用于面块切片的解释,除此之外,在面块切片技术中,还可用不同的颜色来表示时间的大小,从颜色的变化去判别地层的倾向,另外它对小断层也比较敏感。

一个完整的三维数据体的解释,可通过多个面块切片的滚动与拼接来完成。应用该技术进行解释,具有速度快、精度高等特点,是真(全)三维解释的一种很好的辅助手段。

2 真(全)三维构造解释流程及应用

图1为真(全)三维构造解释工作流程图。

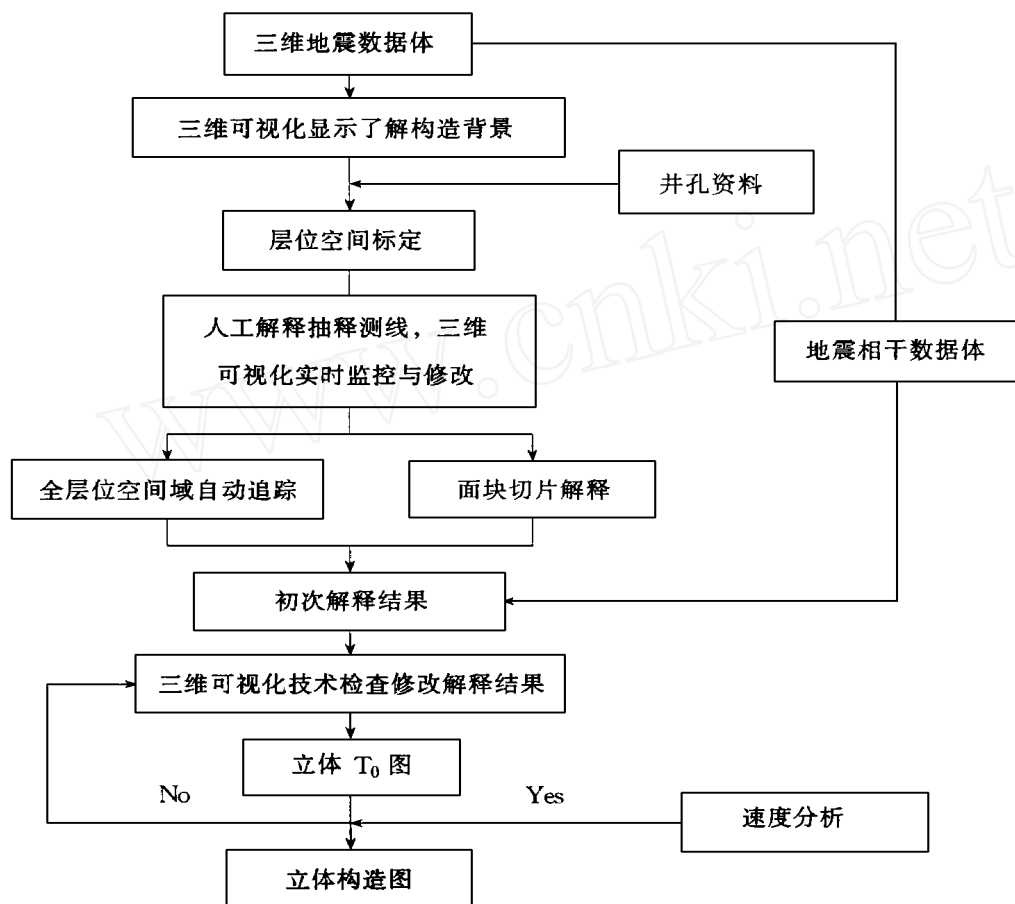


图1 真(全)三维构造解释流程图

在TB某三维工区,我们首次尝试使用了真(全)三维这种解释技术,取得了一些解释成果。具体步骤是:

(1) 利用三维可视化(旋转、光照、透视)技术,针对反射界面、断裂带及地层横向不均匀/不均质带等地质现象所具有的不同特点,通过制作动画电影及不同角度的光照与透视图,从宏观上多侧面全方位了解工区构造特征及地层接触关系等背景。图2是TB某工区地震数据三维可视化透视图。由图可见,整个地震数据体层次关系非常清楚,工区内几条主要断层清晰可辨。

(2) 快速计算工区三维相干数据体,并借助于三维可视化技术对工区构造特征、特别是断层展布规律作进一步认识。断层解释是构造解释的难点之一,在传统构造解释中,很难从一开始就建立断层的空间概念。相干体技术的发展可以帮助我们在较短的时间内对断层的走向、倾向、倾角等特征有全局的了解。图3为工区水平相干切片图,图中相干值的大小用不同的颜色来表示。从图3中不仅可以清楚地看到工区内主要断层的空间展布,同时还能观察到工区

内断层附近及其它区域岩层的破碎程度。通过多张相干切片的解释就可以从宏观上掌握工区内主要断层的空间分布特征。

(3) 利用井孔资料对构造层位进行标定。

(4) 人工解释抽稀测线, 建立种子网, 并应用三维可视化技术实时监控并修改。在三维可视化技术进入地学应用之前, 三维构造解释仍然沿用了二维构造解释的做法, 实际上与二维构造解释没有本质上的差别, 因此在解释过程中难以掌握地震层位和断层的空间变化特征以及断层和地震层位的接触关系等。应用三维可视化技术进行解释, 可以在解释过程中实时观察到地震层位的空间变化, 特别是断层走向、倾向、倾角的空间变化。

(5) 利用空间域自动追踪和面块切片技术进行全层位和断层解释。空间域自动追踪和面块切片技术都可以用来进行全层位和断层解释, 我们可以根据实际情况进行合理地使用。一般来讲, 在资料信噪比较高、断层较少的区域应用空间域自动追踪进行全层位解释比较理想, 而在小断层较多的区域则通常采用面块切片技术进行全层位和断层解释。在实际解释过程中, 这两种技术可以同时进行, 起到相互补充的作用。

面块切片的显示方式有时间面块切片和振幅面块切片(图4)两种。时间面块切片反应了反射同相轴空间的时间分布, 它可用不同的颜色来表示时间的大小, 可以通过颜色的变化了解目的层的起伏变化; 振幅面块切片

则反应了反射同相轴空间的振幅分布, 通常在振幅面块切片上进行层位追踪和断层解释。图4中面块切片的厚度为12ms, 切片增量为12ms, 每张切片的重叠部分为4ms。将波峰部分设置为前景色, 只显示其振幅值, 振幅值的大小通过颜色的变化来表示; 将非波峰的部分设置为

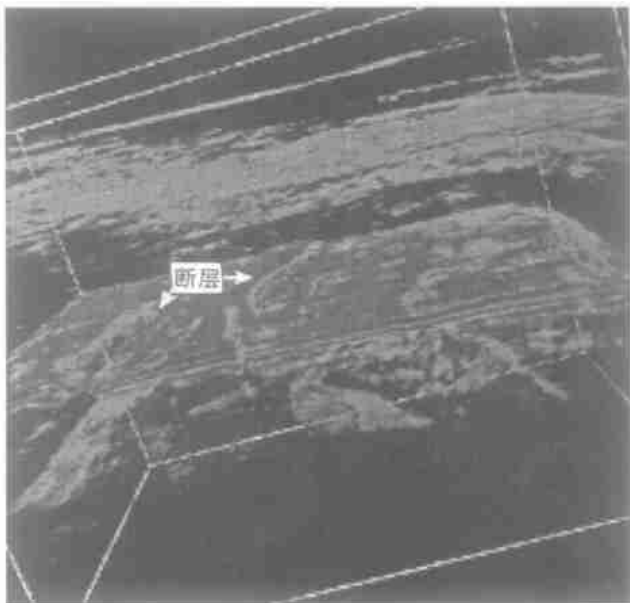


图2 地震数据三维可视化透视图

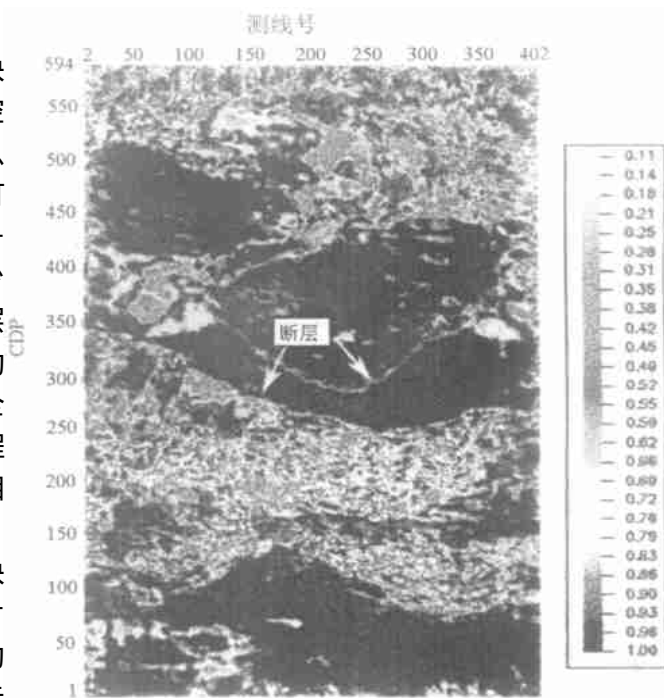


图3 工区水平相干切片图

背景色,一般用单一的颜色(如黑色)表示。因此,我们从振幅面块切片上能清楚地看到反射同相轴的空间变化和振幅的分布。通过多张面块切片的滚动可以实现整个区域的层位和断层的解释。

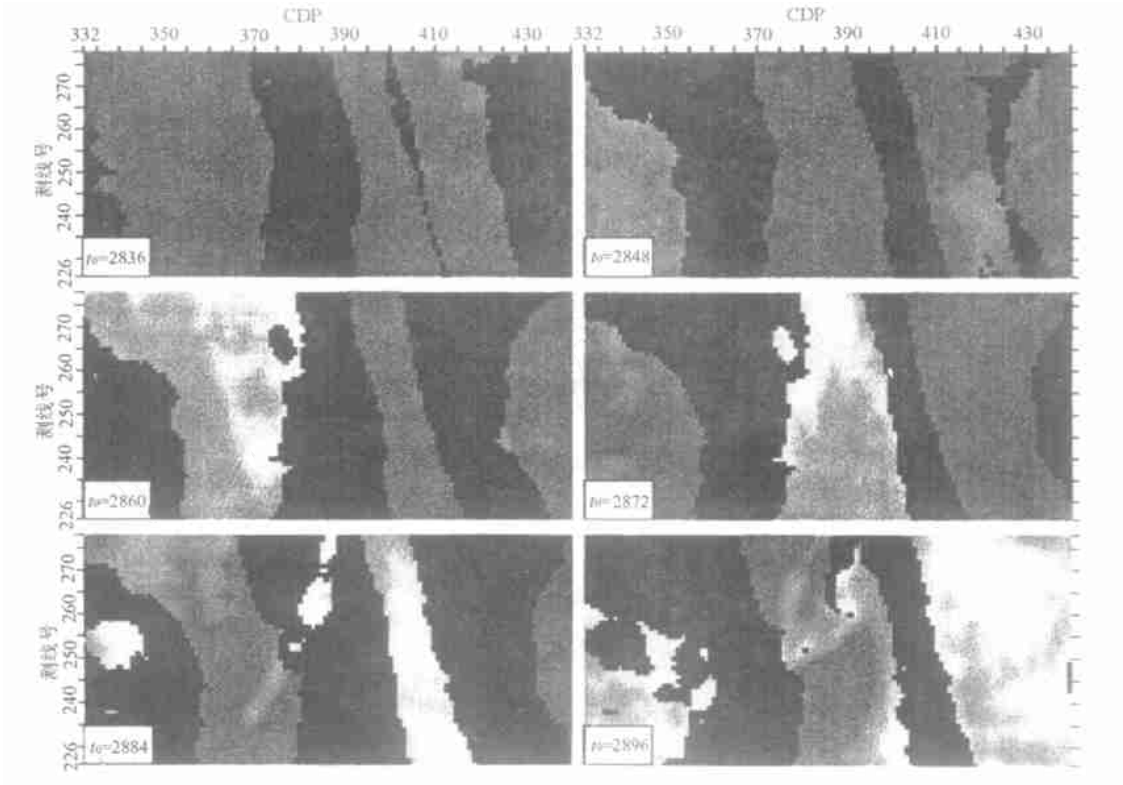


图 4 工区内某一时间段的振幅面块切片

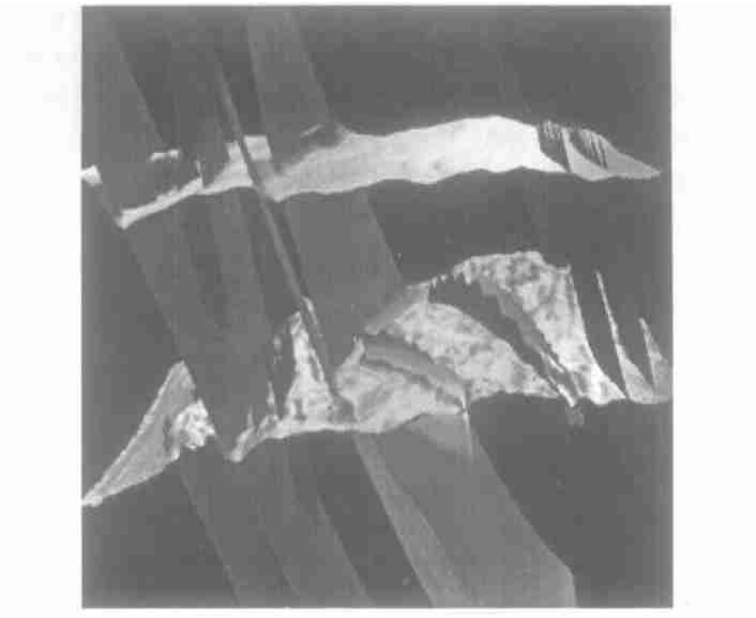


图 5 三维立体 T_0 图

(6) 将解释结果置于三维空间,借助可视化技术进行检查修改直至满意为止。

(7) 制作三维立体 T_0 图。图 5 为包含层位和断层的三维立体 T_0 图。通过调整视角和光照可以从不同的角度了解地震层位和断层的空间变化特征以及地震层位和断层的接触关系等。

(8) 利用速度资料进行变速时深转换,制作三维立体构造图。

3 与常规三维构造解释的比较

我们选择了一个具体层位,分别采用了两种解释方法进行解释。从解释结果看,由于该地震资料的信噪比较高,加之构造不太复杂,两种解释结果差别不大。表 1 为两种解释方法的对比表。由表可见,真(全)三维构造解释与常规三维构造解释相比其优越性是明显的。

表 1 真(全)三维构造解释与常规三维构造解释对比表

	真(全)三维构造解释	常规三维构造解释
解释方法	三维立体解释	二维解释方法
资料利用情况	三维地震数据体及相干数据体等	部分测线及时间切片
解释效率	3 天左右	15 天左右
层位解释	完全闭合	基本闭合
断层解释	断层交切关系正确、清楚,无需进行断层平面组合	断层密集区断层平面组合较困难,容易出错
解释过程	完全透明,实时可见	不透明
解释结果显示	三维立体图、平面图	平面图

4 结束语

真(全)三维解释技术是一项全新的解释技术,我们在 TB 某地的资料解释中首次尝试使用了这一技术。解释结果表明,真(全)三维解释方法具有解释精度高,速度快,构造细节清楚等特点。它不仅能充分利用三维地震数据体的信息,而且能将相干数据体用于构造解释之中,而三维可视化技术则能将整个解释过程与解释结果都直观地展示在人们面前。我们认为,真(全)三维地震解释技术的优点主要体现在以下几方面:

- (1) 它最大限度地使用全部地震资料和测井资料;
- (2) 它不仅使用了原始地震数据,而且将地震相干数据体用于三维地震解释之中;
- (3) 它以直观的三维可视化图形方式展示全部解释过程和结果;
- (4) 解释精度大大提高,能精确地分辨出构造细节特征。

真(全)三维解释技术还刚刚兴起,其中的许多技术手段还需要不断地摸索和完善。回顾历史,石油工业的发展与科技的进步是密不可分的,每一项关键性的新技术(方法)的出现,都会将石油工业的发展推上一个新的台阶。可以预见,随着各项技术的不断完善和发展,三维地震解释必将产生质的飞跃。

在此项工作中,得到了万有林、王世库两位老专家的指导和项目组余德平、俞建宝、吴永栓、谢凤兰等同志的大力协助,在此表示衷心的感谢。

(下转第 88 页)

- (2) 应用三维相干技术可以得到地下任一深度的倾角/方位角信息,可以研究地下地貌和构造特征,以提高地震资料解释的速度;
- (3) 应用三维相干技术解释地震资料不受构造走向的限制,且速度快,误差小。

参 考 文 献

- 1 Mike S Bahorich 等著. 利用三维相干性进行地层和构造解释. 宋焰译. 美国勘探地球物理学会第 65 届年会论文集. 北京:石油工业出版社,1996
- 2 Kenneth A Ortmann 等. 三维地震相干性模型在特立尼达东部近海地层预测中的成功应用. 宋焰译. 美国勘探地球物理学会第 65 届年会论文集,北京:石油工业出版社,1996
- 3 Kurt J Marfurt et al. 3-D seismic attributes using a semblance-based coherency algorithm. Geophysics. 63:1150 ~ 1165
- 4 余德平,曹辉,王成彬. 相干数据体及其在三维地震解释中的应用. 石油物探,1998,37(4):75 ~ 79
- 5 李玲,冯许魁. 用三维相干数据体进行断层自动解释. 石油地球物理勘探,1998,33(增刊 1):105 ~ 111
- 6 Hoetz H L J Get al. Seismic horizon attribute mapping for the Annerveen Gasfield, the Netherlands. First Break,1992,10(2):41 ~ 51
- 7 李庆忠. 走向精确勘探的道路. 北京:石油工业出版社,1993
- 8 李正文. 高分辨率地震勘探. 成都:成都科技大学出版社,1993

(上接第 94 页)

参 考 文 献

- 1 李玲,王小善,李凤杰. 全三维解释方法探讨与实践. 石油地球物理勘探,1996,31(4):495 ~ 508
- 2 袁秉衡. 什么是全三维地震解释. 石油地球物理勘探,1996,31(6):751 ~ 754
- 3 杨建礼. 也谈真三维地震解释. 石油物探信息,1997,22